

ORIGINAL PAPER

---

**AN APPROACH FOR TECHNOLOGICAL MANAGEMENT OF MINERAL FERTILIZATION OF CROPS****ПОДХОД ЗА ТЕХНОЛОГИЧНО УПРАВЛЕНИЕ НА МИНЕРАЛНОТО ТОРЕНЕ ПРИ ЗЕМЕДЕЛСКИТЕ КУЛТУ****ATANAS Atanasov, VESELIN Dochev**

Institute of Agriculture and Seed Science "Obraztsov Chiflik", 7007, Rousse, Bulgaria, Tel. +359 82 820802, E-mail: aatanasov@ru.acad.bg

Manuscript received: December 14, 2007; Reviewed: March 29, 2008; Accepted for publication: April 10, 2008

**ABSTRACT**

An approach for technological management of mineral fertilization in crops based on simulation was presented. The simulation of the interaction between technical means, agricultural workers, crops, soils and fields was based on step of the algorithm. It included the following main steps: calculation of the adequate rate of fertilizers depending on soil reserves and the crop requirements, computing the number of aggregates depending of the duration of work, calculation of the productivity of machines, determination of the optimal duration of work and the number of aggregates depending on the shift duration. The new approach presented enabled the following: optimization of time for actual use of the resources, within the boundaries of the agrotechnical terms; precisely simulation of the initial data; specifying the decision for the concrete conditions; easy accessibility and applicability for a broad range of users.

**Key words:** approach, simulation, mineral fertilization, technological management

**РЕЗЮМЕ**

Представен е подход за технологично управление на минералното торене при земеделските култури базиран на възпроизвеждане. Възпроизвеждането на взаимодействието между технически средства, селскостопански работници, растения, почви и полета е основано на стъпков алгоритъм. Той включва следните основни стъпки: изчисляване на дозата и нормата на торене в зависимост от запасеността на почвата и нуждите на растенията; пресмятане броят на агрегатите в зависимост от продължителността на работа; изчисляване на производителността на агрегатите; определяне на оптималната продължителност на работа и броят агрегати в зависимост от сменната продължителност.

Разработеният нов подход за технологично управление на минералното торене при земеделските култури позволява: оптимизиране на сроковете за фактическо използване на ресурсите в рамките на агротехническия срок; прецизно възпроизвеждане на началните данни; уточняване на решението за конкретните условия; лесна достъпност и приложимост за широк кръг от потребители.

**Ключови думи:** подход, възпроизвеждане, минерално торене, технологично управление

## DETAILED ABSTRACT

The intensive application of mineral fertilizers in agriculture in order to obtain maximum yield and profit of unit area, resulted in permanent negative impact on the environment and human health. Therefore, alternative concepts for fertilization are needed, based on scientific results and approaches by taking into account a great number of factors to be tried.

The choice of a correct approach and optimisation of processes in fertilization of crops a precondition for high incomes and low expenditures.

Decision of such a problem needs reliable information, obtained in result of continuous and difficult observations over real agricultural objects.

Combination of soil and meteorological conditions, yield, areas, fertilizers, prices, techniques and labor resource leads to impossibility the necessary data for management of the process to be collected, It was valid especially for new conditions - new techniques, new varieties, new fertilizers, new meteorological conditions.

Simulation was a possible way for solution of the problem. It included modelling of a part of the information on the basis of a part of the experimental results, on the basis of the absolute time for work of technical means.

The opportunity for formation of a model of similar systems in preparing of technological decisions for several crops dependent on the production and economical situation are presented in our paper.

Fertilization process of different crops, grown at the experimental station of the Institute Agriculture and Seed Science "Obraztsov Chiflik", Rousse - wheat, maize, barley, winter oilseed rape, was chosen as an object of simulation.

The simulation of interaction between technical means, agricultural workers, plants, soils and fields was based on step algorithm. The basic indices are calculated Excel in separate work sheets. Every working sheet contained formulas for computing of a respective part of the algorithm inclusive initial, intermediate (making easier the final decision), final (giving the point of the decision) data.

The first working sheet contains a basis of initial data, necessary for the calculation of the main indices of

the processes (quantity, mineral fertilizers necessary for breeding of the crops, quantity, mineral fertilizers in the soil, percentage of assimilation of the plants, type and brand of machines and aggregates for the respective operation, working team, price of the machines and aggregates, normative annual work load in shifts, part for current repairs and upkeep in norms, etc.).

The second working sheet contains a table for insertion of intermediate data in simulation of the processes (continuance of the work in the limits of the agrotechnical terms, probability for work, continuance of the shift, quantity of the work done, price of the consumatives, price of the main and additional production, etc.).

The third working sheet contains some results from the simulation of the process, as: the necessary number of aggregates for this volume of work, the remainder of the work, expenses for the respective aggregates. On the basis of these results the respective decision is made.

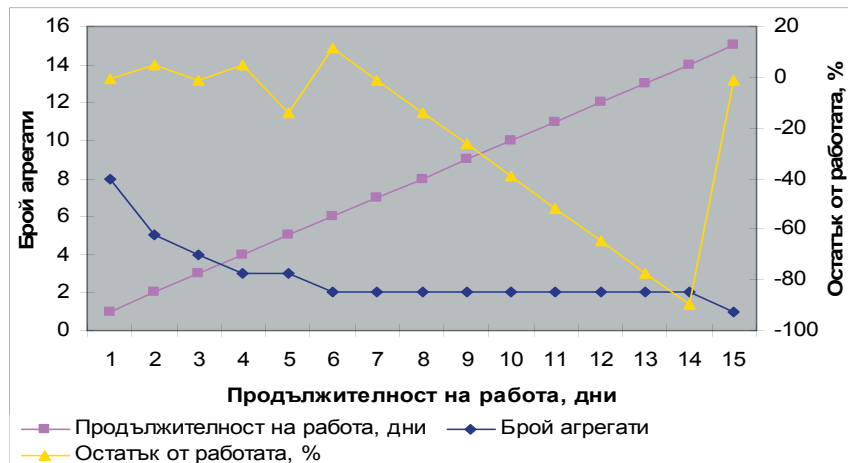
On the basis of simulation of the work of machineries (IFA W50 and Tornado) fertilizing in arable land of 50 ha graphical dependencies, showing the influence of work duration (number working days, for 8,12,16 hours working day) and the size of the land, cultivated, divided by the number of aggregates, were obtained.

It was found that the number of aggregates working between 1-7 days was from 12 to 1 in dependence of the working hours during one day and night (24 h). The number of aggregates was reduced with 50 % during of 16 hours working day. The optimal duration and number of aggregates for working day of 8, 12, 16 hour was found.

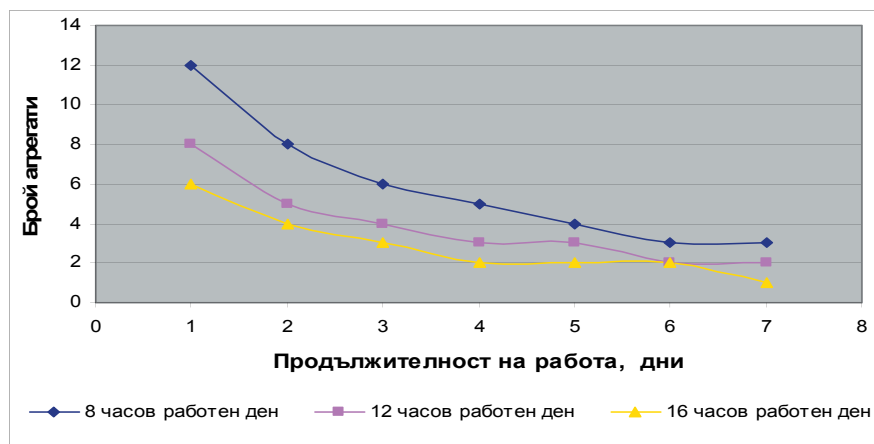
The approach presented enabled the following: optimization of time for actual use of the resources, within of the agrotechnical terms; precisely simulation of the initial data; specifying the decision for the certain conditions; easy accessibility and applicability for a broad range of users.

## ВЪВЕДЕНИЕ

Интензивното използване на минерални торове в земеделието с цел получаването на максимални добиви и печалба от единица площ, доведе до трайно отрицателно въздействие върху околната



Фиг.1. Зависимост между броя на агрегатите, остатъкът от работата и продължителността на работата  
Dependence between number of aggregates, unfinished work and duration of work



Фиг.2. Зависимост между броя на агрегатите и продължителността на работа  
Dependence between number of aggregates and duration of work

среда и здравето на хората. Това налага търсенето на алтернативни концепции на торене, основани на научно разработени подходи и методи с отчитането на голям брой фактори (диференциация на торенето).

Диференциацията на торенето, е строго специфична за всяко едно стопанство и поле, при използване на голям по обем информация.

Правилното оптимизиране на процесите при минералното торене на земеделските култури е предпоставка за добри доходи и ниски разходи.

Решението на такъв проблем е труден и продължителен процес. Първо, нужна е достатъчна достоверна информация. Обикновено тя е резултат на продължителни и трудоемки наблюдения. Необходимо е да бъдат изследвани много от реалните селскостопански обекти като съчетания на различни почви, растения, площи, добив, срокове на торене, техника и т.н. Второ, трябва да бъде създаден подходящ модел на системата. В него трябва да са представени най-съществените свойства на обектите, т. е. структури, елементи, зависимости, взаимодействия, начин на функциониране и т.н. Освен това работата на системата не трябва да се базира на лоша практика (недобра организация на работа), защото тази информация ще е основната за прогнозиране и оптимизация. Трето е вземането на решение, именно, предварителното решаване и обновяването му. Често грешките намерени тогава са добра основа за допълнителни измервания, изследвания и т.н. в двете предишни фази. Това позволява постепенно да се направят повече изгодни за системата подобрения.

Измежду методите за решаване на такива проблеми по широко разпространени са тези основани на възпроизвеждането [2].

Съществуват много модели за приложение на възпроизвеждането при свързани транспортно-прибиращи процеси [3], [7], при торене [6], при прогнозиране на добиви [8] и т.н.

Неговите предимства са, че по-лесно може да се работи с поведението на системата, независимо от времето; лесно е за схващане и разбиране от управляващите реалните системи, може да ползва всякакви статистически разпределения и т.н.

Не трябва да се пренебрегва и главният му недостатък – трудностите при намирането на оптимални решения.

Осигуряването на висока ефективност на торенето, гарантиращи опазването на околната среда, високи добиви и приемливи разходи е възможно само на основата на разработването на модели и компютърни

програми за проверка и технологично управление на процеса.

Има много успешни примери за използване на различни интерактивни WINDOWS базирани инструменти за пресмятане на торенето при различни земеделски култури [4], [5]. За съжаление използваните продукти не са общоприложими те разглеждат и обобщават само агро-икономическа информация. За ефективно и адекватно решение е необходимо информацията да е групирана на технологична, техническа и икономическа.

Възможно решение е разработването на програмни продукти в вид на електронни таблици, позволяващи оптимизиране на сроковете за фактическо използване на ресурсите в рамките на агротехническия срок, междинен и краен контрол на числови данни, ползване на постоянни и променливи данни, лесна достъпност и приложимост за широк кръг от потребители.

Подобно решение е разработването на технологични карти автоматизирани с електронни таблици [1].

В тази статия ще бъде представена възможността за създаването на модел на подобни системи, позволяващ изготвянето на технологични решения при минералното торене на отделните видове култури в зависимост от производствената и икономическата ситуация.

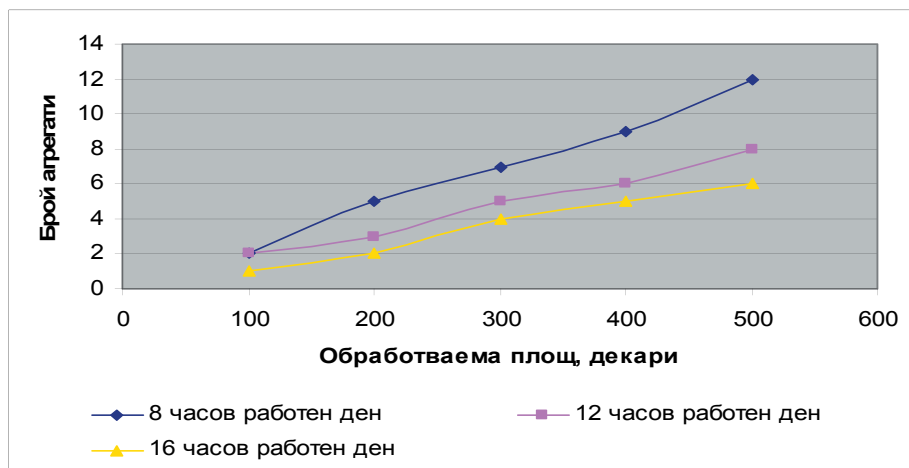
## **МАТЕРИАЛ И МЕТОД**

За постигането на технологично и времево съгласуване на процесите при минералното торене на земеделските култури възниква необходимостта от технологичното им управление.

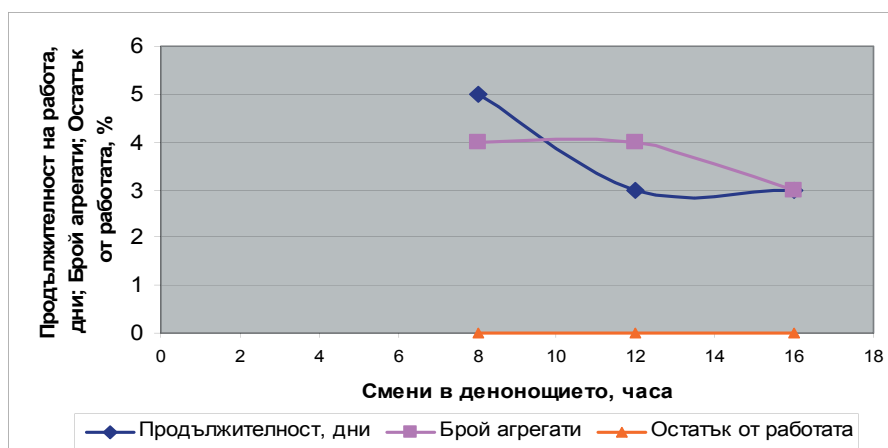
За обект на възпроизвеждане е избран реален процес на торене на различни земеделски култури отглеждани в землището на Института по Земеделие и Семезнание „Образцов Чифлик”- Русе. Това са пшеница, царевица, ечемик, рапица и др.

Важна стъпка при възпроизвеждането е да се отчете и влиянието на някои природни, икономически и други фактори.

Освен преобладаващите природни фактори, като почвен тип, запасеност и т.н. върху процесът на торене оказват влияние и много други фактори, като: добив, цена на горивата, цена на торовете, цена на продукцията, големина на площта, брой и производителност на елементите на системата, технология и организация на торенето, срокове, и т.н. Също така, някои машини могат да имат двойно използване. Например автомобилите могат да бъдат използвани като транспортни средства и като работни агрегати.



Фиг.3. Зависимост между броя на агрегатите и обработваемата площ  
Dependence between number of aggregates and cultivation area



Фиг.4. Зависимости между продължителността на работата, броят на агрегатите, остатъкът от работата и смените в денонощието  
Dependence between duration of work, number of aggregates, unfinished work and shift duration

Сложния характер на връзките предполага сложно възпроизвеждане и оптимизация.

Пресмятането на основните показатели е извършено на програма EXCEL в отделни работни листи.

Първият работен лист съдържа база от данни необходими за пресмятане на основните показатели на процеса (количество, минерален тор необходим за отглеждане на културата, количество, намиращо се в почвата, процентът на активното вещество в минералния тор, процентът на усвояване на активното вещество от растенията и т.н.).

Вторият работен лист съдържа таблица за въвеждане

на данни при възпроизвеждането на процеса.

Както много от процесите в земеделието така и минералното торене се отличава с ограничение на материалните ресурси и сложно съчетание на отделните обекти, което предполага тяхното оптимално управление. Важна стъпка при технологичното управление на минералното торене е да се намери оптималната продължителност  $T_{ORI}$  на работа.

Особеност при работа на алгоритъма е че поради сложният характер на връзките между часовата производителността  $W_{RI}$ , продължителността на

работа в смяната  $W$ , коефициент на сменност  $K_{RI}$ , обработваемата площ  $D$ , броя на агрегатите  $N$ , цената на продукта  $C_p$ , цената на торовете  $C_t$ , цена на горивата  $C_g$  и т. н., от сроковете на работа не позволява да се намери оптималната продължителност  $T_{ORI}$  в една стъпка.

Затова се прилага итерационен подход. Началното решение за  $T_{ORI}$  се получава при какви да е стойности на  $W, N, C_p, C_t$  и т. н., например средни или отчетни за минал период. Новите стойности на същите величини се уточняват при началното решение за  $T_{ORI}$ . Отново се определя оптималната продължителност. За нея се уточняват още по-нови стойности на аргументите. Изчисленията продължават, докато резултатите за  $T_{ORI}$  в две последователни итерации не се различават съществено. Процесът поради физическата си същност е бързо сходящ.

Основната насока за намаляването на нужните ресурси остава удължаване на продължителността на работа. Какви са възможностите?

Повишаване на  $W_{RI}$  при осигуряване на подходящи по размер площи в съответствие с техниката (т. н. модул за техниката).

Удължаване на  $K_{RI} \cdot W$ . Една възможност за това има, ако се използва докрай времето в денонощието.

Произведението  $K_{RI} \cdot W$  дава фактичката продължителност на работа в денонощието. Обикновено тя се определя от технологичните изисквания на работата с оглед желаното качество.

Производителността на агрегатите, ако се спазват агротехническите изисквания не може съществено да се увеличава. Малък резерв се крие в намаляване на престоите поради лошо съгласуване и други организационни причини.

Третият работен лист съдържа някои резултати от възпроизвеждането на процеса, като: необходимия брой агрегати за този обем работа, остатъка от работата, обема на свършената работа, разходите за съответния агрегат, дозата и нормата на торене, сумарните разходи и приходи за площта с натрупване. На базата на тези резултати се взема съответното решение.

След намирането на оптимално решение съответствие с получените резултати е нужно да се обосновават възможностите от практическо приложение на подхода по проверката и управлението на минералното торене.

При проверката е необходимо да се отговори на въпросите как, кога, с какво и кой ще осъществява контрола.

Възможно е данните да бъдат обработени на

съответната програма EXCEL или друг подходящ програмен продукт, който да показва възможни схеми за управление на процеса с избор на оптималната от тях за конкретната ситуация.

Колко често да се прави проверката е въпрос, на който трудно може да се даде общ отговор. Трябва да се има предвид конкретната ситуация, дали стопанството разполага с необходимите ресурси за постоянно или периодично извършване на контрол на процеса. Решението е отделно за всяко стопанство.

Проверката за осъществяването на процеса е възможно да става от самия фермер или от специално обучен работник (служител) там, където се товари минералния тор или на самото поле. Работникът въвежда конкретни данни в компютъра, моделиращ процеса. Получените данни се ползват за подобряване на устойчивостта на торовнасящия процес.

Важна стъпка след проверката за съответствието на разчетите е управление за адаптиране на работата на торовнасящия комплекс към конкретни изменения, ако е необходимо.

## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

На базата на възпроизвеждане работата на тороразпръскващата техника (Ифа W50 с агрегат Торнадо) бяха получени графични зависимости, показващи влиянието на продължителността на работа и размера на обработваемата площ върху броя на използваните агрегати фиг.1., фиг.2., фиг.3.

Показаната на фиг. 1. зависимост е за обработваема площ 500 декара и 12 часов работен ден. Посочено е изменението на броя на агрегатите след започване на работа. Установено е, че оптимални стойности се постигат при 0 или близка до нула остатък от работата за 3 работни дни и 4 агрегата, за 7 работни дни 2 агрегата, за 15 работни дни 1 агрегат. Вземането на конкретно решение за продължителността на работа ще зависи, както от агротехническите изисквания за срочно изпълнение на операцията така и от ресурса с който разполага всяко стопанство.

При изчисляване на броя на агрегатите и продължителността на работата при 8, 12, 16 часа за смяна е получен резултата показан на фиг. 2.

Установи се че броят на агрегатите при работа между 1 – 7 дни е от 12 до 1 зависимост от часовете на работа в денонощието. Броят на агрегатите намалява с 50 % при 16 часов работен ден. Увеличаването на сменната продължителност максимално може да бъде 12 часа според трудовото законодателство в България. Повече от 8 часа е възможно да се работи, ако работата не е тежка и климата позволява. Конкретно решение в



възможно при спазване технологичните изисквания на работата с оглед желаното качество без да се нарушава трудовото законодателство.

Подобни резултати са получени при определяне броя на агрегатите в зависимост от обработваемата площ при 1 работен ден показани на фиг. 3.

Осигуряването на подходящи по размер площи в съответствие с техниката, по-доброто съгласуване между разнородната техника, работеща синхронно в един и същ процес е едно от възможните управленски решения.

Резултатите от възпроизвеждането на сложното съчетание на връзките между продължителността на работа, броя на агрегатите и сменната продължителност с цел намиране на оптимално решение е показана на фиг.4.

Получените на фиг.4. резултати са за обработваема площ от 500 декара. Увеличаването на сменната продължителност от 8 до 16 часа води до намаляване продължителността на работа с 2 дни и броя на агрегатите с един. Съответно оптималния брой агрегати за 8 часов работен ден е 4 при оптимална продължителност 5 дни и 0 % остатък от работата. Увеличаването на продължителността на работа при 4 броя агрегати за 8 часов работен ден ще доведе до престои поради ненатоварване на техниката възможно решение е намаляване броя на агрегатите. Вземането на правилното управленско решение ще зависи от управленските умения на операторът управляващ процеса.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изключителното разнообразие на почвено-климатичните условия, добиви, площи, торове, цени, техника и трудов ресурс води до невъзможност да се съберат необходимите данни за управление на процеса. Това важи още повече за нови условия – нова техника, нови сортове, нови торове, нови климатични условия.

Възможен изход за решаване на задачата е възпроизвеждането. Включващо моделиране на част от информацията на база част от резултатите от експеримента, на база чистото време за работа на

техническите средства.

Подходът за технологично управление на минералното торене при земеделските култури позволява: оптимизиране на сроковете за фактическо използване на ресурсите в рамките на агротехническия срок; прецизно възпроизвеждане на началните данни; уточняване на решението за конкретните условия; лесна достъпност и приложимост за широк кръг от потребители.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Везиров Ч., Технологично проектиране в земеделието, Русе, 2000.
- [2]. Arsham H. Systems Simulation: The Shortest Route to Applications <http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/simulation/sim.htm>
- [3]. Atanasov A. Research on transport linked harvest operations for some cereals. Ph.D. thesis. Sofia, 2005. (In Bulgarian).
- [4]. Bronson K., High Plains Cotton Nitrogen Fertilizer Calculator Instructions <http://lubbock.tamu.edu/soilfertility/calcinstructions.php>
- [5]. Gerardo R., Cabello M., Boem F., Models Estimating Fertilizer Requirements to Increase Available Soil Phosphorus, 18th World Congress of Soil Science July 9-15, - Philadelphia, Pennsylvania, USA, pp. 2006,154-26.
- [6]. Segdaa Z., Haefeleb S. M., Wopereisc M. S., Sedogoa M. P. and Guinkod S., Combining Field and Simulation Studies to Improve Fertilizer Recommendations for Irrigated Rice in Burkina Faso, Agronomy Journal, (2005) pp.1429 – 1437.
- [7]. Vezirov Ch, Atanasov A., Interaction simulation of connected transport and field operations in small farms Proceedings of the 31. International Symposium on Agricultural Engineering, Opatija, Croatia, 24.-28. February, 2003, pp.133-141.
- [8]. Yang H.S., Dobermann A., Lindquist J.L., Walters D.T., Arkebauer T.J., Cassman K.G., Hybrid-maize—a maize simulation model that combines two crop modeling approaches, Journal Field Crops Research, (2004) pp. 131–154.

